(19) (11) Publication number: 62039087 A

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 60179603

(22) Application date: 14.08.85

(51) Intl. Cl.: H01S 3/18

(30) Priority:

(43) Date of application publication: 20.02.87

(84) Designated contracting states:

(71) Applicant: NEC CORP

(72) Inventor: UENO SHINSUKE

(74) Representative:

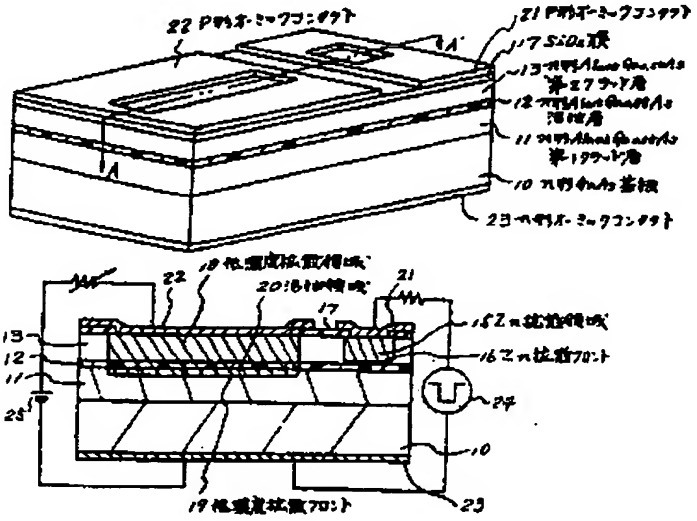
(54) SEMICONDUCTOR LASER

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide the functions of both the reading light source having low noise characteristic and the optical writing light source capable of large light output oscillation by specifying the ratio of differential gain coefficients in an active region and a depletion layer region and the ratio of carrier natural lifetime in those regions.

$$-\frac{\tau_1}{\tau_2}\frac{g_1}{g_2} > \frac{-\beta}{1-\beta} \quad \text{かつ} \quad \frac{\tau_1}{\tau_2} > \frac{1}{1-h} \quad \mu\left(\frac{1-\beta}{-\beta}\right)\frac{g_1}{g_2} + 1$$

CONSTITUTION: On an N-type GaAs substrate 10, an N-type Al0.45Ga0.55As cladding layer 11, an N-type Al0.15Ga0.85As active layer 12, and an N-type Al0.45Ga0.55As clad ding layer 13 are grown and a high-concentration Zn diffusion region 15 and a low-concentration Zn diffusion region 18 are formed. In the N-type active layer 12, an active region 20 where Zn is diffused at low concentration is formed. When a reverse bias is not applied to the region 15, the large light output oscillation needed for optical writing is generated. When a depletion layer is expanded to the active layer by apply ing a reverse bias, self-oscillation is produced in the active region 20 and the residual noise can be reduced. When the ratio of the lengths of the active region and the depletion region is (1-h):h and a loss of the depletion region is β, the relation of the ratio g1/g2 of differential gain coefficients in the active region and the depletion region and the ratio τ 1/τ2 of carrier natural lifetime of those regions is expressed by: τ1/τ2 g1/g2 > -β/1-β and τ1/τ2 > 1/1-h μ (1-β/-β) g1/g2 + 1.



COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio

⑲日本国特許庁（JP）　⑪特許出願公開

⑫公開特許公報（A）　昭62－39087

⑤Int.Cl.⁴　識別記号　庁内整理番号　⑬公開　昭和62年(1987)2月20日
H 01 S 3/18　7377－5F

審査請求　未請求　発明の数 1　（全6頁）

⑭発明の名称　半導体レーザ

⑳特　願　昭60－179603
㉒出　願　昭60(1985)8月14日

㉒発明者　上野　眞資　東京都港区芝5丁目33番1号　日本電気株式会社内
㉑出願人　日本電気株式会社　東京都港区芝5丁目33番1号
㉔代理人　弁理士　内原　晋

明　細　書

1. 発明の名称

半導体レーザ

2. 特許請求の範囲

活性層をこの活性層よりもバンドギャップの大きい半導体のクラッド層で挟みこんだ多層構造を有し、前記活性層内にこの活性層のバンドギャップより小さいバンドギャップをもつと共に、この活性層に対し正の実効的屈折率をもつストライプ状の活性領域を共振器の長て方向に両反射面に接しない様に設けた半導体レーザにおいて、前記クラッド層内で前記活性領域の共振器の長て方向に設けられ前記クラッド層と反対の導電性をもつ逆バイアス領域を備え、この逆バイアス領域に逆バイアスを任意のパルス幅でかけ、空乏層を少くとも前記活性層内に広げ、前記活性領域と前記活性層内に広がった空乏層領域との共振器の長て方向の長さの比を（1－h）：hとし、前記空乏層領域の損失αをキャビティ損失Γを用いて規格化した損失をβ（$=\frac{h\alpha}{\Gamma}$）とした時、前記活性領域と前記空乏層領域とにおける微分利得係数gの比g_1/g_2および各領域のキャリア自然寿命の比τ_1/τ_2が、$\frac{\tau_1}{\tau_2}\frac{g_1}{g_2}>\frac{-\beta}{1-\beta}$でかつ$\frac{\tau_1}{\tau_2}>\frac{1}{1-h}\times(\frac{1-\beta}{-\beta})\frac{g_1}{g_2}+1$なる関係を有することを特徴とする半導体レーザ。

3. 発明の詳細な説明

（産業上の利用分野）

本発明は光情報処理用半導体レーザに関するものである。

（従来技術とその問題点）

光情報処理半導体レーザの中でも、ビデオディスクや光ディスク上の読み取り用光源として使用する場合には、雑音特性、特に戻り光に誘起される雑音の特性が問題となる。半導体レーザの戻り光誘起雑音を低減するために、種々の方法が試みられているが中でも出力コヒーレンスを低減する方法は特に有効である。

この方法の一つとして、高周波重畳による半導体レーザの低雑音化が大石，茅根，中村，尾島により「1983年秋季応用物理学関係連合講演会予稿集」102頁の論文番号26a－P－6の論文「高周波重畳による半導体レーザの低雑音化と縦モード特性」において提案されその有効性が示されている。しかし、この方法では高周波駆動回路の付加が必要であるばかりでなく、外部機器へ高周波が漏れる等の弊害を伴なっている。

これに対して自励振動を生じさせ縦モードをマルチ化して低雑音化する方法が、鈴木，松本，田村，渡辺，栗原により「電子通信学会技術報告」光量子エレクトロニクスOQE84－57，39頁の論文「ISSSレーザの雑音特性と自己パルス変調の機構」において提案され試みられている。しかしこの方法ではレーザ構造（層厚や幅など）に対して自励振動の特性がきわめて敏感に依存する事が予想され、このため安定な自励振動を示すデバイスの収率が低くなる欠点を有していた。

この半導体レーザに自励振動を生じさせる方法としては，これらのほかに共振器内に可飽和吸収体を導入する方法がある．しかし、現状では可飽和吸収体の各種パラメータの大きさと出現する現象（自励振動か双安定動作か）との間の関係も充分明らかにされていない。

更に、光ディスク等の読み取り用光源だけでなくより多機能化をねらって光ディスク等への光書きこみ用光源を兼ね備えた光情報用複合レーザ素子が要求されつつある。特に、光ディスク等への光書きこみ用光源として用いる場合には、安定な基本横モード発振でかつ大光出力発振に耐える必要がある。

複合レーザ素子としては、例えば川野，遠藤，伊藤，奈村，上野，古瀬により「1984年秋季第45回応用物理学会学術講演会講演予稿集」190頁の論文番号15a－H－7の論文「Al GaAs BCMレーザアレイ」で発表された如く、電極を分離した独立駆動の二個のレーザをそなえた素子が提案され試作されている。

しかし、これまで提案されたものは、単に二つのレーザを並べただけであり、光情報用複合レーザ素子に要求されている光書きこみ用としての大光出力発振光源と、低雑音特性を有する読み取り用光源とをかねそなえていなかった。

（発明の目的）

本発明の目的は、これらの欠点を除去し、安定な自励振動を生じ低雑音特性を持つ読み取り用光源と、安定な基本横モード発振を維持し大光出力発振可能な光書きこみ用光源との機能を合せもつと共に、制御性および再現性のすぐれた半導体レーザを提供する事にある。

（発明の構成）

本発明の構成は、活性層をこの活性層よりもバンドギャップの大きい半導体のクラッド層で挟みこんだ多層構造を有し、前記活性層内にこの活性層のバンドギャップより小さいバンドギャップをもつと共にこの活性層に対し正の実効的屈折率をもつストライプ状の活性領域を共振器の長て方向に両反射面に接しない様に設けた半導体レーザにおいて、前記クラッド層内で前記活性領域の共振器の長て方向に設けられ前記クラッド層と反対の電気的特性をもつ逆バイアス領域を備え、この逆バイアス領域に逆バイアスを任意のパルス幅でかけ、空乏層を少くとも前記活性層内に広げ、前記活性領域と前記活性層内に広がった空乏層領域との共振器の長て方向の長さの比を（1－h）：hとし、その空乏層領域の損失αをキャビティ損失Γを用いて規格化した損失をβ（$=\frac{h\alpha}{\Gamma}$）とした時、前記活性領域と前記空乏層領域とにおける微分利得係数gの比g_1/g_2および各領域のキャリア自然寿命の比τ_1/τ_2が、$\frac{\tau_1}{\tau_2}\frac{g_1}{g_2}>\frac{-\beta}{1-\beta}$ でかつ$\frac{\tau_1}{\tau_2}>\frac{1}{1-h}\left(\frac{1-\beta}{-\beta}\right)\frac{g_1}{g_2}+1$ なる関係を有する事を特徴とする。

（実施例）

以下図面を用いて本発明の一実施例を説明する。

第1図，第2図は本実施例の斜視図および上面図、第3図は第1図のA－A′の断面図、第4図，第5図は本実施例の製造工程を説明する断面図である。

第4図に示すように、n形GaAs基板10上に

3 μm厚のn形$Al_{0.45}Ga_{0.55}As$第1クラッド層11，約0.2 μm厚のn形$Al_{0.15}Ga_{0.85}As$活性層12（不純物濃度$n=3\times10^{18}cm^{-3}$），2 μm厚のn形$Al_{0.45}Ga_{0.55}As$第2クラッド層13を成長させる。この第2クラッド層13上につけたSiO_2膜14中にフォトレジスト技術でミラー面から20 μm離し共振器の長て方向に幅5 μm長さ25 μmの窓をあけZnを高濃度拡散させる（Zn拡散領域15）。その拡散フロント16はn形$Al_{0.45}Ga_{0.55}As$第2クラッド層13と活性層12との界面近傍にくるように制御しその濃度を$5\sim6\times10^{19}cm^{-3}$以上にする。こうして形成したZn拡散領域15を逆バイアス領域にする（第5図）。

次に、SiO_2膜14を除去し、新たに第2クラッド層13上にSiO_2膜17をつける。このSiO_2膜17中にフォトレジスト技術で前述のZnを拡散したストライプの中心を通った共振器の長て方向に幅3 μm長さ250 μmのストライプを、Zn拡散領域15から10 μm，ミラー面から20 μmそれぞれ離して窓をあける。次に、このストライプを通してZnを低濃度拡散する（低濃度拡散領域18）。この時拡散フロント19は活性層12と第1クラッド層11との境界に接するか，もしくは第1クラッド層11内部にとどまるように制御する。この時n形活性層12内においてZnを低濃度拡散されて形成された活性領域20はキャリア濃度$4\sim6\times10^{18}cm^{-3}$のp形に変換されて，いわゆる不純物補償されたp形になっている。こうしてZnが低濃度拡散された領域は活性領域になると共に，この領域の屈折率はその外部の活性層の屈折率よりも高くなり，正の屈折率分布が形成される。

その後SiO_2膜17中にフォトレジスト技術でZnを高濃度拡散させて形成したZn拡散領域15上に窓をあけてp形オーミックコンタクト21をつけ，Znを低濃度拡散させて形成した低濃度拡散領域18にp形オーミックコンタクト22をつける。次に，基板10にn形オーミックコンタクト23を形成し，p形オーミックコンタクト21にパルス電源から任意のパルス幅の逆バイアスをかけ，p形オーミックコンタクト22に直流電源から順バイアスをかけることにより，本実施例の半導体レーザが動作する（第1図～第3図）。

（発明の作用と原理）

本実施例の構造において，活性層内まで低濃度拡散して形成したストライプ状の活性領域20は次の様な特性を持つ。雑誌「ジュルナル・オブ・ザ・アプライド・フィジィックス（Journal of the Applied Physics）」，45巻（1974年），2650～2657頁に掲載されたセル（D.D. Sell）氏等によって報告されている様に，p形GaAs及びn形GaAsの屈折率は不純物濃度と共に変化する。特にn形GaAsの屈折率はその濃度が$1\times10^{18}cm^{-3}$以上になると急激に減少する。これに対しp形GaAsの屈折率は同濃度に対して緩やかに減少する。従って，不純物がn形かp形かの相違及び濃度の相違による屈折率の変化を利用することにより，ダブルヘテロ接合ウエハに不純物をストライプ状に拡散させ，その拡散フロントを活性層まで到らしめて不純物補償又は高濃度不純物を導入することにより，ストライプ状活性領域の屈折率をその外部領域に対して大きくする事ができる。こうして活性層内に導入された屈折率ステップの高さはレーザ発振時においてはストライプ状活性領域へのキャリア注入によって生じるプラズマ効果及びバンド間遷移等の負の屈折率の寄与のために減小する。従ってレーザ発振時における実効的な屈折率は不純物拡散によって導入した正の屈折率ステップにキャリア注入による屈折率の減少を加えたものである。

ところで，p形，n形不純物の組合わせによって10^{-2}のオーダの正の屈折率ステップを導入することができるのに対し，負の屈折率効果は10^{-3}のオーダであるから，実効的な屈折率差を5×10^{-2}以上につけることができる。正の大きな屈折率ステップを導入するには高濃度n形活性層に高濃度のp形不純物をストライプ状に拡散させ不純物補償させるのがもっとも効果的である。

本発明者は活性層n形濃度を，$3.1\times10^{18}cm^{-3}$，$2.0\times10^{18}cm^{-3}$，及び$1.0\times10^{18}cm^{-3}$と変化

させたウェハーを用い各ウェハーごとにストライプ状のZn 拡散を行い、ストライプ状Zn 拡散活性領域のp形濃度を不純物補償した状態から1～1.5×10^{19}cm^{-3} に変化させてストライプ型ダブルヘテロ接合レーザ素子を製作し、レーザ発振時における各素子の実効的な屈折率ステップの高さを測定すると共に、レーザ発振機構を観測した。

その結果，活性層のn形濃度が3.1×10^{18}cm^{-3} の場合にはストライプ状Zn 拡散活性領域のp形濃度を3.5×10^{18}cm^{-3} から1～1.5×10^{19}cm^{-3} に変化させた場合～3×10^{-2} から～5×10^{-3} にわたる正の実効的な屈折率差（N$_1$－N$_2$）を生じることができた。このときレーザ素子は屈折率ガイディングを行ない閾値電流値の2.5～3倍の電流範囲にわたって安定な基本モード発振を行なった。

これに対し活性層のn形濃度を2×10^{18}cm^{-3} 以下にした場合にはストライプ状活性領域のp形濃度を不純物補正から1～1.5×10^{19}cm^{-3} にわたって変化させても，実効的な屈折率差（N$_1$－N$_2$）は10^{-4} 以下かもしくは負になる。実効的な屈折率差（N$_1$－N$_2$）が10^{-4} 以下の場合には，ゲインガイディングが支配的であり注入電流と共にモード変形が生じた。

また、実効的な屈折率ステップが負の場合にはリーキモード（アンタイガイディング）となり，大きなモードロスを生じると共に遠視野像が双峰性になり、ファイバー結合効率が大幅に減少するなどレーザ特性上きわめて不都合である事がわかった。

従って，本実施例の如く高濃度のn形活性層12に，不純物補償する程度の低濃度拡散して形成したストライプ状の活性領域20は正の屈折率ガイディングに基づく安定な基本横モード発振が得られる。

ところで，GaAs半導体結晶では高濃度のn形結晶にするとバンドギャップが実効的に拡大するバースタインシフトという効果を生じるので，本実施例においてn形活性層12は実効的にバンドギャップが拡大している。これに対して不純物補償して形成した活性領域20ではバンドテイルのためにバンドギャップは実効的に縮少している。従って本実施例の如くミラー面近傍をn形活性層12のままにしておけば，ストライプ状活性領域で発生した光はほとんど吸収される事なく伝播する。

本発明者の実験結果によれば，高濃度n形活性層に対して不純物補償して形成したストライプ状活性領域で発生した光量子の受ける吸収損失は20cm^{-1}～30cm^{-1} である事が明らかになった。

本実施例において，特に高濃度Zn 拡散領域15に逆バイアスをかけない時活性領域20の両反射面近傍は非励起領域の高濃度n形活性層のままになっているので以下の理由によって大光出力発振をする事ができる。

すなわち，励起領域が直接反射面に露出している通常のダブルヘテロ接合レーザに比べて，外気との化学反応が起り難いため，反射面の光学反応による劣化を阻止することができる。又、通常のレーザでは反射面に露出した活性層の表面付近は表面単位の存在等により，空乏層化している。従ってレーザ光の吸収領域になるため大出力のレーザ発振を行うと，レーザ光を吸収して発熱し，更には光学損傷を生じることになる。

これに対し，反射面に接する活性層をレーザ光の吸収の小さい非励起領域にしておけば光学損傷は非常に発生しにくくなり，ストライプ幅を狭くしても高出力発振ができる。その他励起領域が直接反射面に露出していないのでレーザ発振の特性を劣化させることなく反射面の加工を行うことができる等の利点をあわせもつ。

このように本実施例のレーザ素子は光書きこみに必要な大光出力発振をする機能をもつ。

一方，本実施例の構造は，活性領域20の共振器の長て方向の一部に位置し，かつ第2クラッド層13内にこのクラッド層と逆の導電的特性を有するZn 拡散領域15を有している。このZn 拡散領域15に逆バイアスをかけ空乏層を活性層まで広げると空乏層化した活性層は大きな光吸収領域となる。更に活性領域20のレーザ光を吸収する事によって発生する励起キャリアは逆バイアス

によって引きこまれるのでそのライフタイムは急激に減少する。従って、この逆バイアスをかけた領域は可飽和吸収体の特性を有するので、この構造は逆バイアスをかけた時には共振器内に可飽和吸収体を導入した事と等価になる。

このような場合に出現する現象と各種パラメータとの関係は充分には明らかになっていないが、第6図の様なバイセクション（bisection）レーザの模式図により解析した。

共振器長をLとし、励起領域（領域1）と吸収領域（領域2）との長さの比を（1−h）：hとする。ただし、0<h<1とする。

各領域へのキャリア注入密度をp_1，p_2とし、励起キャリア密度をn_1，n_2とすれば、レーザフォトン密度Nとキャリア密度との時間変化は、次のレート方程式で近似的に表わされる。

$$\frac{dn_1}{dt}=-\gamma_1 n_1-G_1(n_1)N+p_1 \quad \cdots\cdots(1)$$

$$\frac{dn_2}{dt}=-\gamma_2 n_2-G_2(n_2)N+p_2 \quad \cdots\cdots(2)$$

$$\frac{dN}{dt}=\{(1-h)G_1(n_1)+hG_2(n_2)-\Gamma\}N \quad \cdots(3)$$

これらの式において、$G_1(n_1)$は各領域における利得、γ_1^{-1}は各領域のキャリアの自然寿命（τ_1）、Γは共振器損失をそれぞれ示す。

利得G_1とキャリア密度n_1との関係は、n_{o1}を$G_1=0$のときのキャリア密度とすると、次式のように近似できる。

$$G_1(n_1)=g_1(n_1-n_{o1}) \quad \cdots\cdots(4)$$

$$G_2(n_2)=g_2(n_2-n_{o2}) \quad \cdots\cdots(5)$$

双安定や非定常の出現に本質的に重要な非線形性は、それぞれの領域のG_1とn_1との間の微係数$g_1(=\partial G_1/\partial n_1)$に異なる値を入れて導入した。

これらの式を用いて自励振動および双安定動作の発生条件を求めてみた。この時吸収領域（領域2）の非飽和吸収の大きさをβとする。この解析については、特願昭60−1657参照。

この解析結果から、$\frac{\tau_1}{\tau_2}\frac{g_1}{g_2}<\frac{-\beta}{1-\beta}$では双安定動作を生じ、$\frac{\tau_1}{\tau_2}\frac{g_1}{g_2}>\frac{-\beta}{1-\beta}$でかつ$\frac{\tau_1}{\tau_2}>\frac{1}{1-h}\times(\frac{1-\beta}{-\beta})\frac{g_1}{g_2}+1$では自励振動を生じる主な領域になる事がわかった。

従って、本実施例では、活性領域20において自励振動が生じその結果雑音を低減できまたその許容範囲もかなり広く再現性よくできると考えられる。特に、本実施例では逆バイアスとして数十Vを逆バイアス領域（Zn拡散領域15）にかけると空乏層は活性層全体に広がり、逆バイアス領域に〜10^6V/cm以上の電場を生じる。このようにこの逆バイアス領域下の活性層の吸収損失αを$\alpha=500\,cm^{-1}$に容易にする事ができ、$\Gamma=50\,cm^{-1}$とすると$h=0.1$より$\beta=-1.0$となる。

また、逆バイアス下の活性層のキャリアは逆バイアスで引っぱられるので、そのキャリアライフタイムτ_2はきわめて短く、活性領域のキャリアライフタイムτ_1に対してτ_2/τ_1乙8〜10となる。$g_1/g_2=0.8$〜1.0と予想されるので、充分自励振動が発生しその結果縦モードが多モード化し低雑音特性が得られる。

このように本実施例のレーザ素子は読み取りに必要な低雑音特性もあわせて持っている。

（発明の効果）

以上説明したように、本発明の半導体レーザは、光書きこみ用光源に要求される基本横モード大光出力発振が可能であると共に、逆バイアスを加えると自励振動が可能であり、低雑音特性をもつ。特に、低雑音特性を得るに必要充分な条件の許容範囲が従来にくらべて比較なく広い。又、一つのレーザ共振器が光書きこみと読みとりができるので、レンズ系も小さくできコンパクトな光ヘッドをつくる事ができる。

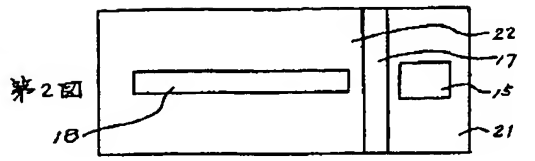
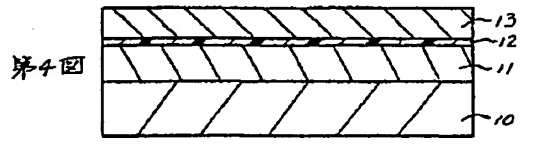
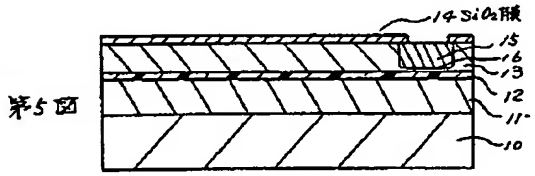
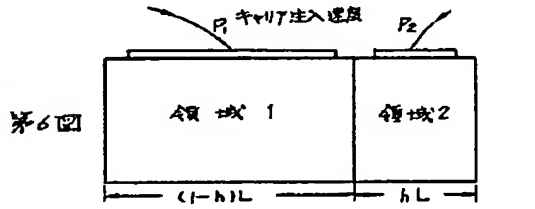
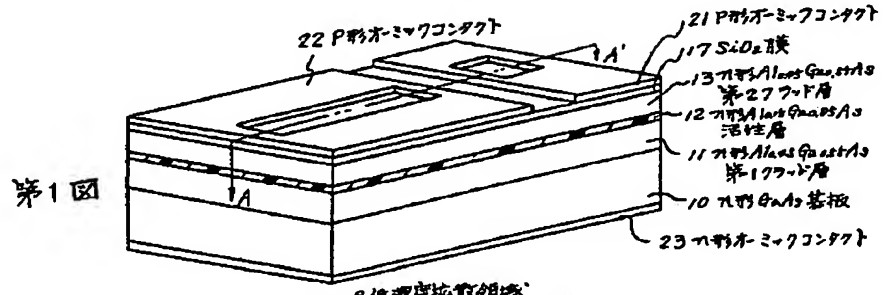
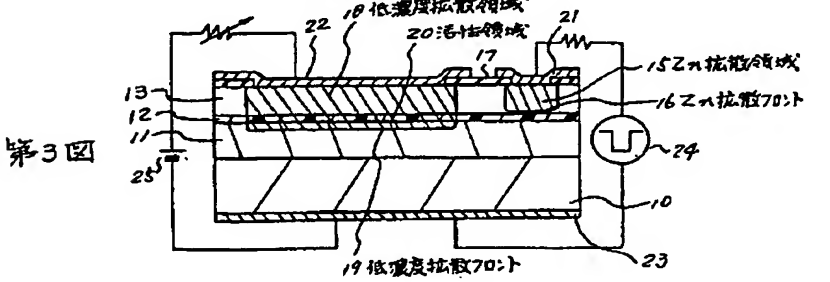
更に、活性領域および逆バイアス領域が反射面近傍から離れているので、反射面保護の効果があり、レーザ素子の信頼性を向上させる事ができる。更に成長ウエハに高濃度と低濃度との2回拡散するだけで製作でき再現性歩留りにすぐれている。

なお、本実施例は、AlGaAs/GaAsについて述べてきたが他の結晶材料たとえばInGaAsP/InP，InGaP/AlInP，GaAsSb/AlGaAsSb等数多くの結晶材料に適用することができる。

4. 図面の簡単な説明

第１図，第２図は本発明の一実施例の斜視図および上面図、第３図は第１図のＡ－Ａ′の共振器長て方向に切った断面図、第４図，第５図は本実施例の製造工程を示す成長ウェハの断面図、第６図は本実施例の解析に用いたモデル図である。図において、

１０……ｎ形GaAs基板、１１……ｎ形$Al_{0.45}Ga_{0.55}As$第１クラッド層、１２……ｎ形$Al_{0.15}Ga_{0.85}As$活性層、１３……ｎ形$Al_{0.45}Ga_{0.55}As$第２クラッド層、１４……SiO_2膜、１５……Zn拡散領域（逆バイアス領域）、１６……Zn拡散フロント、１７……SiO_2膜、１８……低濃度拡散領域、１９……低濃度拡散フロント、２０……活性領域、２１……ｐ形オーミックコンタクト、２２……ｐ形オーミックコンタクト、２３……ｎ形オーミックコンタクト、２４……パルス電源、２５……直流電源、

をそれぞれ示す。

代理人　弁理士　　内　原　　晋